

## OPERATING METHOD FOR BLAST FURNACE

**Publication number:** JP61261408

**Publication date:** 1986-11-19

**Inventor:** YAMAGATA CHISATO; KAJIWARA YOSHIMASA;  
INADA TAKANOBU; SUYAMA SHINICHI

**Applicant:** SUMITOMO METAL IND

**Classification:**

- **International:** C21B5/00; C21B5/02; C21B5/00; C21B5/02; (IPC1-7):  
C21B5/00; C21B5/02

- **European:**

**Application number:** JP19850104765 19850515

**Priority number(s):** JP19850104765 19850515

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP61261408

**PURPOSE:** To lower S and Si contents in a molten pig iron when a blast furnace is operated using sintered ore in a low ratio by blowing the powder of a CaO or MgO source as a slag forming material into the furnace from a tuyere so as to keep the basicity of blast furnace slag and the concn. of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in the slag at a prescribed value each. **CONSTITUTION:** When the blast furnace is operated using sintered ore in <=50% ratio, powdery limestone or serpentine is blown into the furnace from a tuyere so as to regulate the basicity (CaO/SiO<sub>2</sub>) of molten slag to 1.22-1.30 and the amount of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in the slag to <=17%. The activity of SiO<sub>2</sub> in the slag is lowered by the increased basicity, so the rate of reduction of SiO<sub>2</sub> is lowered to lower the Si content in molten pig iron. Since high basicity slag having a lowered Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content is formed, molten pig iron having lowered S and Si contents can be produced.

-----  
Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

## ⑪ 公開特許公報 (A)

昭61-261408

⑤Int.Cl.<sup>4</sup>

C 21 B 5/00

5/02

識別記号

府内整理番号

Z-7147-4K

7147-4K

7147-4K

⑩公開 昭和61年(1986)11月19日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑪発明の名称 高炉操業方法

⑪特願 昭60-104765

⑪出願 昭60(1985)5月15日

⑫発明者 山 縣 千 里	尼崎市西長洲本通1丁目3番地 住友金属工業株式会社中央技術研究所内
⑫発明者 梶 原 義 雅	尼崎市西長洲本通1丁目3番地 住友金属工業株式会社中央技術研究所内
⑫発明者 稲 田 隆 信	尼崎市西長洲本通1丁目3番地 住友金属工業株式会社中央技術研究所内
⑫発明者 須 山 真 一	尼崎市西長洲本通1丁目3番地 住友金属工業株式会社中央技術研究所内
⑪出願人 住友金属工業株式会社	大阪市東区北浜5丁目15番地
⑪代理人 弁理士 溝上 満好	外1名

## 明細書

## 1.発明の名称

高炉操業方法

## 2.特許請求の範囲

(1) 烧結鉱比 50% 以下の高炉低焼結鉱比操業において、造渣剤として CaO 源および/又は MgO 源との複合化合物又は混合物の粉体を羽口より吹き込み、高炉出浮塩基度 CaO/SiO<sub>2</sub> を 1.22 ～ 1.30 の範囲に、また、出浮 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を 1.7% 以下に調整して溶銑中の Si 濃度および Si 濃度を低減させることを特徴とする高炉操業方法。

## 3.発明の詳細な説明

## (産業上の利用分野)

本発明は、高炉低焼結鉱比操業において、高炉出浮塩基度 CaO/SiO<sub>2</sub> および出浮 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 濃度を所定範囲に維持することにより、荷下がり安定下で溶銑中 Si 濃度および溶銑中 Si 濃度を低減させ得る高炉操業方法に関するものである。

## (従来の技術およびその問題点)

高炉内における溶銑中への Si の移行は、炉床

過濾部におけるスラグ-メタル反応よりむしろ SiO ガスを媒介とするガス-メタル反応が主要な役割を果たしている。而して、SiO ガスを媒介とする溶銑中への Si の移行は、次の 2 つの過程に大別される (「鉄と鋼」 Vol. 58, 1972, 219 ～ 280 頁)。

すなわち、(1) レースウェイ近傍の高温低酸素分圧領域におけるコークス中灰分を主酸とする SiO<sub>2</sub> とコークス中の固定炭素との反応による SiO ガスの生成過程、(2) 軟化融着帯以下の上昇ガス流中に含まれる SiO ガスと滴下している溶銑中の炭素との反応による溶銑中への Si 移行過程、である。この両過程を反応式で表わすと下記(1), (2) のようになる。



なお、前記(1), (2) 式において、( ) はその化合物がスラグ中存在することを示す慣用表記法であり、元素名の下線はその成分が溶銑中に存在することを示す慣用表記法である。また、(g) はそ

の化合物が気体であることを示す慣用表記法である。

従つて、前記①、②式より明らかに、溶銑中のSi濃度の制御法としては、SiOガス発生反応の制御(①式)と、溶銑中へのSi移行反応の制御(②式)とがある。

ところで、実際の高炉操業において、前者の制御手段としては、コークス中灰分量の制御による风口前持ち込みSiO<sub>2</sub>量の制御や风口前温度制御によるSiOガス発生速度の制御等が実施されている。また、後者の制御手段としては、装入物分布制御に基づいたコークス比制御による融着帯レベルの管理や焼結鉱の被還元性、軟化融着性状制御による融着帯レベルの制御等がある(「鉄と鋼」Vol. 68. 1982, A129~A132頁)。

しかしながら、前者の制御手段におけるコークス中灰分量の制御については、原料炭配合面からの制約がある。また、後者の制御手段に関しては、操業面および原料面からもほぼ限界に達しており、特に焼結鉱性状の改善はコスト上昇につながる。

の低減、スラグ量の上昇あるいはスラグ組成の調整などわちCaO/SiO<sub>2</sub>上昇、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>低下、MgO上昇が採られている。しかし、溶銑温度の上昇は、コークス比の上昇および溶銑中Siの上昇に結びつくために制約がある。また、装入量の低減についても原料炭配合面からの制約がある。スラグ量の上昇については、コークス比の上昇をきたすと共に、過度に上昇させると残銑浮遊量が増大して荷下がり不順に陥る危険もある。また、スラグ組成の調整についても安定操業を維持するためには、出銑温度と最終スラグの融点の差を一定値以上に維持する必要がある。

ここで、溶銑中のSi制御手段としてのSiOガス発生反応抑制策としては、スラグ中のSiO<sub>2</sub>の活量 $a_{SiO_2}$ を低下させることも有効である。特に、レースウェイ近傍は高温低酸素分圧雰囲気で、かつ、コークス由来SiO<sub>2</sub>が多いことによりスラグ中SiO<sub>2</sub>の活量 $a_{SiO_2}$ も高く、SiOガスの活性な発生領域であるため、この領域のスラグCaO/SiO<sub>2</sub>を上昇させてスラグ中SiO<sub>2</sub>の活量 $a_{SiO_2}$

一方、高炉内における溶銑中へのSi移行については、レースウェイ近傍でガス化したコークスおよび液体燃料中のSiはシャフト部において鉱石中に加硫され、軟化融着帯以下において主にスラグ-メタル反応によって脱硫されることが知られている。以下にスラグ-メタル間のSi分配反応を示す。

$$S = (S) \quad \dots (3)$$

$$\log \frac{(\%)S}{(\%)S} = -\frac{6888}{T} + 1.152 + \log f_S + \log Cs - 1/2 \log Po_2 \quad \dots (4)$$

$$\log Cs = 1.85 \frac{Na_2O + 1/2 MgO}{Na_2O_2 + 1/8 Na_2O_3} - \frac{6911}{T} - 1.649 \quad \dots (5)$$

ここで、Tは温度(K)、 $f_S$ は溶銑中Siの活量係数、Csは脱硫能(Sulphide Capacity)を表わす。また、Na<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgOは当該成分のスラグ中のモル分率を表わす。

すなわち、実際の高炉操業においては、溶銑中Siの低下手段として、溶銑温度の上昇、装入Si量

を低下させると共に、スラグ粘度を低下させることは、溶銑中Siと共に溶銑中Siの有効な制御手段である。

そして、前記レースウェイ近傍のスラグ中SiO<sub>2</sub>の活量 $a_{SiO_2}$ を低下させるための一手段として、コークス製造過程で生石灰を添加し、成品コークス中のCaO含有量を増大させることができ試みられている(「コークスサーニューラー」Vol. 17, 1968, 97頁~103頁)。しかし、高流动性配合炭に石灰石を5~10%添加すると、強粘結炭の配合割合を少なくして強度の高い高炉用コークスを製造可能ではあるが、コークスの生産性がかなり低下すること、および、添加石灰石によるコークス炉壁珪石レンガの侵食が問題とされる。

一方、最近の高炉操業は、安定操業下で高生産性を発揮するために大半の高炉が自溶性焼結鉱比が70%以上で操業している。ところで、焼結鉱のCaO/SiO<sub>2</sub>は高被還元性、良好な高温性状をねらいとして大半が1.6~2.0の範囲内に維持されている。従つて、最終スラグのCaO/SiO<sub>2</sub>

および $\text{Al}_2\text{O}_3$ 量が一定範囲に維持されるように、前記焼結鉱の $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ は焼結鉱比およびコクス比に応じて決定されているが、微調整は副原料、例えば、石灰石、蛇紋岩、珪石等を炉頂から鉱石類と一緒に投入することにより行なつてゐる。

また、レースウェイ近傍でのスラグ中 $\text{SiO}_2$ の活量 $\alpha_{\text{SiO}_2}$ を低下させる第2の方法として、羽口からの石灰石粉の吹き込みが挙げられる。しかし、前記条件下では、最終スラグの量、組成の制約より、吹き込み可能量が限られて大きな効果は期待できない。

これに対し、焼結鉱比70%以上配合し、羽口から燃料吹き込みのある高炉操業において、焼結鉱 $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ を0.6~1.0に低下させ、最終スラグ量・組成の調整を行なうために羽口から石灰石粉を吹き込む方法についての発明が特公昭589-28004号に開示されている。この方法は、羽口からの石灰石粉吹き込み可能量が多いため、浴銑中SiおよびSの低減には有利であるが、

また、出岸 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を17%以下に調整して、浴銑中Si濃度および浴銑中S濃度を低減させることを要旨とするものである。

すなわち、本発明は、焼結鉱比50%以下の高炉低焼結鉱比操業において最終スラグ組成を調整するに際して、造渣剤として例えば石灰石および蛇紋岩の粉を高炉羽口から吹き込む方法である。

本発明方法において、焼結鉱比が50%以下の高炉低焼結鉱比操業における高炉羽口からの造渣剤の粉体吹き込み方法を採用したのは、下記の理由による。

複数基の高炉が稼動している特定の製鉄所に生産が集中し、かつ、焼結機生産能力との関係により高炉での焼結鉱使用量の低下が余儀なくされた場合等には、例えばA、B高炉には焼結鉱を集中配合させて焼結鉱比を極力70%以上に維持して操業し、C高炉で焼結鉱使用量を50%以下として高炉低焼結鉱比操業が行なわれる。

ところで、焼結鉱に比べて、ペレットや生鉱は、下記第1表に示すように、 $\text{CaO}$ 量および $\text{CaO}/$

焼結鉱性状に関して落下強度は向上するものの焼結鉱高温性状、すなわち被還元性・軟化融着性状の悪化をきたし、高炉操業は荷下がり不順に陥る危険がある。

本発明は、レースウェイ近傍のスラグ中 $\text{SiO}_2$ の活量 $\alpha_{\text{SiO}_2}$ を低下させると共に、スラグ粘度を調整することにより、低Siかつ低S操業を行なうことを目的とした高炉操業方法における従来の前記問題点を解決するためになされたものであり、焼結鉱性状を悪化させることなく、しかも、多量に羽口から造渣剤吹き込みを可能にして荷下がり安定下で大きな低Siかつ低S操業効果を得ることが可能な高炉操業方法を提供せんとする目的とするものである。

(問題点を解決するための手段)

本発明は、焼結鉱比50%以下の高炉低焼結鉱比操業において、造渣剤として $\text{CaO}$ 源および又は $\text{MgO}$ 源との複合化合物または混合物の粉体の羽口吹き込みを行なうことにより、高炉出渣塩基度 $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ を1.22~1.80の範囲に、

$\text{SiO}_2$ が低い。従つて、低焼結鉱比操業では、最終スラグの $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を調整する必要があり、通常は炉頂から蛇紋岩および石灰石を投入する。例えば、焼結鉱比80%、ペレット比85%、生鉱比85%の低焼結鉱比操業においては、最終スラグ組成を $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 1.26$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.45\%$ とするために、石灰石90kg/P-T、蛇紋岩80kg/P-Tを炉頂から投入しているのである。

第1表

組成	T, Fe	FeO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO
焼結鉱	55.65	5.85	10.65	6.62	1.87	1.06
培基性ペレット	66.38	0.88	2.40	2.20	0.48	0.42
酸性ペレット	64.98	0.59	0.18	1.49	0.42	0.98
生鉱	66.24	0.18	0.07	2.98	0.95	0.03
石灰石	0.04	0	54.00	0.10	0.05	0.26
蛇紋岩	5.26	2.94	1.70	89.26	1.26	37.16

(重量%)

一方、羽口近傍は、高温強還元性雰囲気で、かつ、コークス灰分由来の CaO / SiO<sub>2</sub> の非常に低いスラグが多い為、この領域のスラグ CaO / SiO<sub>2</sub> を上昇させることは、スラグ中 SiO<sub>2</sub> の活量  $a_{SiO_2}$  の低下に結びつく。すなわち、前記①式の SiO ガス発生反応抑制効果が大きいため、造渣剤による最終スラグの調整は、羽口からの粉体吹き込みで実施したほうが浴銑中 Si および S の低減効果は大きい。特に、低焼結率比採用においては、最終スラグ調整に対する造渣剤吹き込み可能性が増大するため、浴銑中 Si および S の制御性は大きい。

なお、羽口からの造渣剤吹き込みに際しては、高炉送風条件を入力として羽口前コークス消費量を算出し、公知の状態図（例えば、A. Muan, E. F. Osborn : Phase Equilibria among Oxides in Steelmaking, ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, INC. 1965. 130 ~ 142 頁）を使用して羽口近傍での CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO 4 元系スラグの融点を 1600

°C 以下になるよう、石灰石、蛇紋岩等の造渣剤の吹き込み量を制御することにより、荷下がり安定下での操業が可能である。

#### (実験結果)

▲高炉（内容積 2700 m<sup>3</sup>）において、本発明方法を実施した結果を、従来法と比較して下記第2表に示す。なお、造渣剤としての石灰石および蛇紋岩、並びに、焼結鉱、ペレット、生鉱は前記第1表に示す組成のものを使用した。

第2表

項目	期間	ベース	従来法			本発明		
			I	II	III	IV	V	
焼結鉱比 (%)	7.0	3.0	0	3.0	0	—	—	
ペレット比 (%)	1.0	3.5	5.0	3.5	5.0	—	—	
生鉱比 (%)	2.0	3.5	5.0	3.5	5.0	—	—	
炉頂石灰石比 (kg/P-T)	1.2	9.0	14.3	—	—	—	—	
投入蛇紋岩比 (kg/P-T)	7	2.9	5.0	—	—	—	—	
羽口吹き込み蛇紋岩比 (kg/P-T)	—	—	—	—	—	9.0	14.3	
最終 CaO/SiO <sub>2</sub>	1.26	1.26	1.27	1.26	1.27	—	—	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	14.3	14.4	14.8	14.3	14.8	—	—	
MgO (%)	6.3	7.6	11.2	7.6	11.2	—	—	
粘度 (poise)	2.84	2.30	2.10	2.30	2.10	—	—	
量 (kg/P-T)	260	294	238	283	237	—	—	

第2表(続き)

項目	期間	ベース	従来法		本発明	
			I	II	III	IV
羽口前スラグ			CaO (%)	0	0	4.07
			SiO <sub>2</sub> (%)	63.8	63.8	36.0
			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	36.2	36.2	14.2
			MgO (%)	0	0	9.1
	4成分融点(℃)		1780	1780	1430	1595
	活性度 aSiO <sub>2</sub>		1	1	0.10	0.04
	溶銑中 Si (%)		0.29	0.30	0.21	0.19
	Si (%)		0.026	0.025	0.020	0.018
	スリップ回数(回/日)		0.1	0.1	0.1	0

- MgO 4成分系のスラグ融点も低下し、1600℃以下に維持されている。従つて、その結果、溶銑中 Si が焼結鉱比 80% の場合で 0.80% から 0.21% まで低下し、また、焼結鉱比 0% の場合で 0.30% から 0.19% まで低下した。併せて、溶銑中 Si も焼結鉱比 80% の場合で 0.025% から 0.020% まで低下し、また、焼結鉱比 0% の場合で 0.024% から 0.018% まで低下した。更に、本発明方法を適用した場合には、何下がり状況もスリップ回数が 0.1 回/日から 0 回/日と低下して安定化傾向を呈するようになった。

なお、本実験結果は、低焼結鉱比操業において、造渣剤として粉状の石灰石および蛇紋岩を羽口から吹き込んだ場合のものであるが、CaO 源および MgO 源との複合化合物または混合物の粉体を羽口から吹き込んだ場合にも同様の効果が期待できる。

#### (発明の効果)

以上述べた如く本発明方法によれば、低焼結鉱比操業下において、最終スラグの調整に必要な造

本実験は、焼結鉱比 80% および 0% の高炉低焼結鉱比操業における例で、期間 I, II では従来法により最終スラグ調整としてスラグ CaO/SiO<sub>2</sub> および Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を一定とするべく、高炉炉頂より塊状の石灰石および蛇紋岩の投入を行なつた。

この従来法では、羽口前スラグの条件もベース期間と変わらないため溶銑中 Si の低下は得られず、また、最終スラグ中の MgO の上昇により粘度は低下しているがスラグ量も低下しているため、溶銑中の Si も若干低下しただけであつた。

これに対し、期間 III, IV では、本発明方法を適用し、焼結鉱比 80% および 0% の高炉低焼結鉱比操業において、最終スラグ調整としてスラグ CaO/SiO<sub>2</sub> および Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を一定とするべく高炉羽口より粉状の石灰石、蛇紋岩の吹き込みを行なつた。なお、このときの石灰石、蛇紋岩の使用は、従来法の場合と同一であつた。

本発明方法を適用した場合には、羽口前スラグの CaO/SiO<sub>2</sub> が上昇して、SiO<sub>2</sub> の活性度 aSiO<sub>2</sub> が低下すると共に、CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

溶剤添加量が多いことを有効に活用して、CaO 源および/又は MgO 源を含有する造渣剤を粉状にして大量に羽口から安定に吹き込むことにより、溶銑中 Si および溶銑中 Si の高い低減効果が得られる。

特許出願人

住友金属工業株式会社

代理人

溝上満

(ほか 1 名)

